

تأثیر دانه بندی سبکدانه های لیکا بر مقاومت فشاری بتن سبک با مقاومت بالا: مطالعه موردی

حمیدرضا ایرانی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، دانشکده عمران و معماری)

Email: Hr_irani@iau-shahrood.ac.ir

وحید رحیمی^۲، بهروز حسینی^۳

۲- کارشناس عمران، رئیس هیئت مدیره شرکت نانوپودر پویا، پارک علم و فناوری استان سمنان

Vahidrahimi1363@yahoo.com

۳- دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده عمران و معماری

B_hassani@iust.ac.ir

آدرس پست الکترونیکی مولف رابط: Vahidrahimi1363@yahoo.com

چکیده

بررسی دانه بندی و نوع سنگدانه های مصرفی در بتن سبک لیکا و تاثیر آن بر مقاومت فشاری بتن سبک با مقاومت بالا موضوع این مقاله است. بر این اساس به منظور تعیین میزان تاثیر نوع سنگدانه ها بر مقاومت فشاری بتن سبک، نمونه هایی با میزان مشخص سنگدانه های سبک لیکا که درصدی از آن با ماسه در حدود اندازه ۰-۴/۷۵ mm جایگزین شده است ساخته شدند. در مجموع و با یک روش سیستماتیک ۱۶ طرح اختلاط با مقادیر مختلف سیمان در محدوده ۴۰۰ تا ۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفته شد. به منظور انجام آزمایش مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ۳۰۰×۱۵۰mm ساخته شده و در سنین ۷، ۲۸ و ۹۰ روز مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که با بکارگیری این محدوده دانه بندی، مقاومت های فشاری بسیار مناسبی بدست می آید که در حدود بتن سبک با مقاومت بالا می باشد.

کلمات کلیدی

بتن سبک، سبکدانه لیکا، دانه بندی، مقاومت فشاری، بتن با مقاومت بالا.

۱. مقدمه

بتن سبک طبق تعریف موسسه بتن آمریکا (ACI 116R-87) عبارت است از؛ "بتنی که وزن مخصوص آن به طور محسوسی کمتر از وزن مخصوص بتنی است که با سنگدانه های طبیعی یا شکسته ساخته می شود". بر اساس آیین نامه ACI213R-87، استفاده از بتن سبک در سازه ها، به دلیل هزینه تولید پایین آن است. علی رغم آنکه هر متر مکعب بتن سبک، در مقایسه با بتن با وزن معمولی، گرانتر است ولی به علت کمتر بودن وزن مرده و ابعاد پی در آنها، هزینه سازه های ساخته شده با این نوع بتنها کمتر می باشد. در بتن سبک با بکار بردن مصالح و روشهای مناسب مقاومت متناظر آن در محدوده 0.3 Mpa و 7.0 Mpa و گاهی تا 9.0 Mpa تغییر می نماید. این دامنه وسیع ترکیبات برخواص مختلف بتن سبکدانه تاثیر می گذارد [۱]. بتن ساخته شده با سبکدانه های از جنس خاک رس و سنگ رس منبسط شده عموماً دارای مقاومتی بیش از مقاومت بتنی است که با استفاده از سایر سبکدانه ها ساخته شده اند. برخی از انواع دیگر سبکدانه های مصنوعی (ساخته شده از مواد طبیعی) وجود دارند که بتنی با چگالی کم تولید می نمایند، از جمله آنها ورمیکولیت و پرلیت را می توان نام برد. ماده اخیر را می توان در بعضی مواقع برای تولید بتن با مقاومت متوسط به کار برد. این سبکدانه ها در آیین نامه ASTM C332-87 (تایید مجدد در سال ۱۹۹۱) مشخص شده اند. برای کنترل یکنواختی مخلوط های بتن سبک سازه ای، سبکدانه ها را پیش از به کار بردن برای ساخت بتن، کاملاً خیس (ولی نه اشباع) می کنند [۲]. الزامات سبکدانه ها در آیین نامه های ASTM C330-89 و BS 3797:1990 داده شده اند. در بتن معمولی، دانه بندی عمدتاً بر مقدار آب امتزاجی لازم برای ک آرائی مناسب بتن اثر می گذارد. افزایش نسبت مصالح ریزدانه، افزایش مقدار آب لازم را همراه دارد و این مسئله سبب کم شدن مقاومت بتن می گردد، مگر اینکه مقدار سیمان نیز افزایش داده شود. بنابراین نسبت مواد درشت دانه و حداکثر اندازه دانه ها باید همیشه تا حدی باشد که الزامات حصول کارائی مطلوب اجازه می دهد. استفاده از دانه های خیلی درشت مصالح سبک وزن در بتن سبک سبب می شود بتن تا حدی به علت مقاومت کمتر مصالح و تا حدی در نتیجه سست شدن زمینه دور مصالح ضعیف گردد. بنابراین باید حداکثر اندازه دانه ها به ۲۵ میلیمتر محدود گردد. وجود دانه های با حداکثر اندازه کمتر و نسبت زیادی مصالح ریز دانه ممکن است مقاومت را بالا ببرد ولی در این صورت چگالی بتن افزایش خواهد یافت. برای مثال اگر حداکثر اندازه دانه ها از حد ۲۵ میلیمتر به ۱۶ میلیمتر کاهش یابد، مقاومت بتن ممکن است تا حدود ۱۰٪ افزایش یابد. ماسه طبیعی (معمولاً ماسه رودخانه ای) اغلب جهت بهبود کارائی، کاهش انقباض بتن تازه، افزایش مقاومت بتن و یا بدلیل اقتصادی بودن بیشتر بکار می رود اما این امر سبب می شود چگالی بتن به میزان چشمگیری افزایش یابد [۳].

۲. برنامه آزمایشگاهی، مواد و مصالح

در این بخش به بیان فعالیتهای آزمایشگاهی و مصالح مصرفی در این تحقیق پرداخته خواهد شد. برای انجام این تحقیق با یک روش سیستماتیک ۱۶ سری نمونه بتن سبک ساخته شد. برای آزمایش مقاومت فشاری از نمونه های استوانه ای $150 \times 300 \text{ mm}$ در دوره های ۷، ۲۸ و ۹۰ روز استفاده شد.

۲.۱. مصالح سنگی

در این تحقیق دو گروه اصلی سنگدانه برای ساخت بتن استفاده شد: ۱- سبکدانه لیکا، ۲- ماسه ریزدانه. در خصوص سبکدانه لیکا اعمال کنترل دانه بندی از طریق تقسیم به دوسری دانه، درشت و ریز ممکن است. بسته به حداکثر اندازه و دانه های مصالح سبک ممکن است گروه ه بندی این دانه ها مطابق جدول شماره ۱ مفید باشد. در

صورت امکان باید یکی از دامنه اندازه ها در محدوده ۰ تا ۲ میلیمتر قرار گیرد. در دانه بندی گسسته، برای حداکثر اندازه ۱۶ میلیمتر دامنه میانی، بهمین نحو برای حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر دو دامنه میانی ممکن است حذف شود [۳].

جدول ۱- گروه بندی سبکدانه های لیکا [۳].

حداکثر قطر به میلیمتر	دامنه اندازه های توصیه شده به میلیمتر
۸	۴-۸ و ۰-۴ یا ۲-۸ و ۰-۲
۱۶	۸-۱۶ و ۴-۸ و ۰-۴ یا ۸-۱۶ و ۲-۸ و ۰-۲
۲۵	۶-۲۵ و ۸-۱۶ و ۴-۸ و ۰-۴ یا ۱۶-۲۵ و ۸-۱۶ و ۲-۸ و ۰-۲

لذا در این پژوهش حداکثر بعد سنگدانه های سبک به ۱۶ mm محدود شد. در مجموع ۲ نوع سنگدانه سبک در طرح اختلاط ها به کار رفت، سنگدانه های لیکا با اندازه دانه بندی ۴-۸ mm که آنرا دانه های ریز و سنگدانه های لیکا با دانه بندی ۸-۱۶ mm که دانه های متوسط نامیده می شوند. مطابق مطالب بیان شده در مقدمه هنگام ساخت نمونه ها ماسه با حدود اندازه ۰-۴/۷۵ mm به میزان ۱۰ درصد وزن مصالح سبکدانه به مخلوط اضافه شد. جایگزینی ماسه طبیعی بجای مصالح ریز سبک می تواند مقاومت بتن را بهبود بخشد. این امر اساساً در اثر کاهش آب لازم بعلت شکل مناسب تر دانه های ماسه (صیقلی و گرد گوشه) در مقایسه با سطح زبر و اغلب گوشه دار مصالح ریز سبک می باشد.

۲.۲. نسبت آب به سیمان و فوق روان کننده

نسبت آب به سیمان با توجه به طرح اختلاط و میزان مصالح مصرفی متغیر و در محدوده ۴۳ تا ۵۸٪ انتخاب شد. برای عمل آوری نمونه ها از آب شرب شهری استفاده شد. در این تحقیق از فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلیک اتر (مطابق با استاندارد ASTM C494) استفاده شد. میزان استفاده از فوق روان کننده با توجه به میزان آب مخلوط و تجربیات گذشته بین ۰/۸ تا ۱/۲ درصد سیمان بکار برده شد [۵،۴].

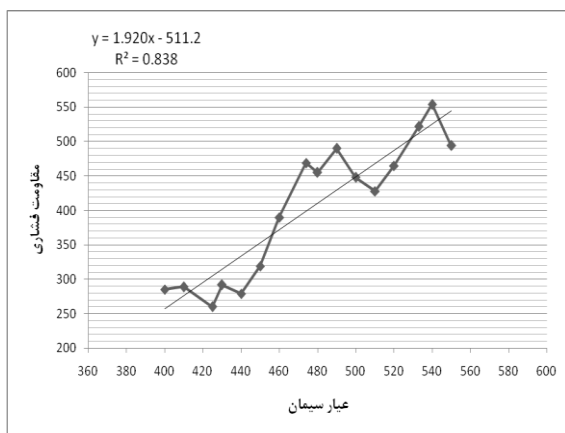
۲.۳. سیمان و میکروسیلیس

سیمان مورد استفاده در طرح های اختلاط، سیمان تیپ II با چگالی ویژه 3 gr/cm^3 و 3 gr/cm^3 و بلین 2 gr/cm^3 می باشد. میزان سیمان مصرفی از ۴۰۰ تا 550 kg/m^3 برای ساخت بتن مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس تحقیقات انجام شده استفاده از ۵ درصد میکروسیلیس سیمان در نسبت آب به سیمان کمتر از ۴۳ درصد و ۱۵ درصد میکروسیلیس در نسبت های بیشتر توصیه شده است [۶].

۳. نتایج و بحث

جدول طرح اختلاط و نتایج آزمایش مقاومت فشاری در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. جهت تحلیل مناسب تر اطلاعات، نتایج آزمایش های مقاومت فشاری ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه در نمودارهای شکل ۱ تا ۳ نشان داده شده اند. براساس تعریف ACI 363 بتن با مقاومت بالا بتنی است که دارای مقاومت فشاری بالاتر از 420 kg/cm^2 برای بتن ساخته شده از سنگدانه های معمولی و 280 kg/cm^2 برای بتن ساخته شده از سنگدانه های سبک می باشد [۷]. بر این اساس با توجه به مقاومت های فشاری بدست آمده، بطور کل مقاومت فشاری ۹۰ روزه تمامی نمونه ها در حدود بتن سبک با مقاومت بالا می باشد. از آنجایی که مقاومت ۲۸ روزه ملاک ارزیابی بتن در بسیاری از مراجع بوده و این مقاومت تقریباً ۹۰٪ مقاومت نهایی بتن است. لذا در این تحقیق مقاومت ۲۸ روزه ملاک اصلی ارزیابی قرار گرفته

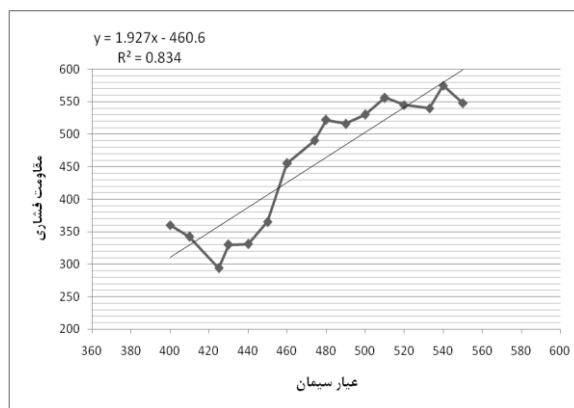
است [۸]. مقاومت فشاری ۲۸ روزه تمامی نمونه ها بجز یک مورد نیز بیش از این محدوده است . مقاومت ۷ روزه نمونه ها نیز از عیار سیمان 450 Kg/m^3 به بعد در محدوده بتن سبک با مقاومت بالا می باشد. این بررسی کلی نشان دهنده مطلوبیت سیستم طراحی شده برای بتن از مرحله طرح اختلاط، انتخاب مصالح، اجرا و عمل آوری می باشد . در این بتن ها، اگر تنها مصالح ریزدانه سبک بکار رود ممکن است جریان ملات موجود در فضای بین دانه های درشت کند شود. در حالیکه کاربرد ماسه طبیعی با دانه بندی مناسب بجای قسمتی از مصالح ریز سبک، می تواند کارآئی بتن را بهبود بخشد. هرچند هنگام استفاده از ماسه طبیعی باید توجه داشت که اختلاف چگالی بین مصالح افزایش یافته و سبب تفکیک مواد متشکله می گردد لذا مقدار آب باید به دقت کنترل گردد. برای بهبود کارآئی مخلوط و ایجاد خواص چسبندگی بهتر و تولید بتنی متراکم با سطحی صاف و هموار، مخلوط های پرمایه تری در مقایسه با بتن های معمولی لازم است. لذا همانگونه که مشخص است با افزایش عیار سیمان مقاومت فشاری بجز در مواردی افزایش می یابد . در شکل ۲ از عیار سیمان 490 Kg/m^3 تا 520 Kg/m^3 مقاومت فشاری بتن کاهش می یابد. علت این امر را شاید بتوان به کاهش نسبت آب به سیمان در برابر افزایش میزان مواد سیمانی نسبت داد . در میزان سیمان 533 Kg/m^3 و 540 Kg/m^3 مقاومت فشاری مجددا افزایش می یابد . علت این امر را می توان در ی کنواخت بودن اندازه سنگدانه ها و پخش شدن تنش در بین مصالح برآورد کرد. از آنجایی که میزان مصرف سیمان پایین می باشد، لذا استفاده از ۳ نوع سنگدانه سبب متراکم و یکنواخت شدن بتن حاصل و افزایش مقاومت فشاری می شود . سپس با افزایش میزان سیمان مجددا مقاومت فشاری کاهش می یابد. این کاهش مقاومت فشاری می تواند به دلیل افزایش مواد سیمانی، کاهش آب اختلاط، که می تواند منجر به عدم هیدراسیون مناسب و کافی مواد سیمانی شود، و همچنین جداشدگی و تفکیک مصالح از یکدیگر بدلیل افزایش میزان سیمان باشد. این پدیده به صورت جداشدگی مصالح سبک درشت دانه در بالای مخلوط و ماسه ریزدانه در پایین و انتهای جام در هنگام اختلاط و پس از قالبگیری دیده می شود.



شکل ۲- نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن سبک



شکل ۱- نمودار مقاومت فشاری ۷ روزه بتن سبک



شکل ۳- نمودار مقاومت فشاری ۹۰ روزه بتن سبک

جدول ۲- مشخصات طرح های اختلاط و نتایج آزمایش مقاومت فشاری

طرح اختلاط	عیار سیمان (Kg/m ³)	W/C (%)	SF/C (%)	SP/C (%)	مقاومت فشاری (kg/cm ²)			طرح اختلاط	عیار سیمان (Kg/m ³)	W/C (%)	SF/C (%)	SP/C (%)	مقاومت فشاری (kg/cm ²)		
					۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه						۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
Mix1	۴۰۰	۰/۵۸	۱۵	۰/۸	۲۶۰	۲۸۵	۳۶۰	Mix9	۴۸۰	۰/۴۹	۱۵	۱	۴۰۰	۴۵۵	۵۲۲
Mix2	۴۱۰	۰/۵۷	۱۵	۰/۸	۲۶۱	۲۸۹	۳۴۲	Mix10	۴۹۰	۰/۴۸	۱۵	۱	۴۱۵	۴۹۰	۵۱۶
Mix3	۴۲۵	۰/۵۵	۱۵	۰/۸	۲۶۸	۲۶۰	۲۹۴	Mix11	۵۰۰	۰/۴۷	۱۵	۱/۲	۴۲۲	۴۴۸	۵۳۰
Mix4	۴۳۰	۰/۵۴	۱۵	۰/۸	۲۷۴	۲۹۲	۳۳۰	Mix12	۵۱۰	۰/۴۶	۱۵	۱/۲	۳۹۸	۴۲۸	۵۵۶
Mix5	۴۴۰	۰/۵۳	۱۵	۰/۸	۲۱۲	۲۷۹	۳۳۱	Mix13	۵۲۰	۰/۴۵۶	۱۵	۱/۲	۴۲۰	۴۶۵	۵۴۵
Mix6	۴۵۰	۰/۵۱	۱۵	۱	۳۳۲	۳۱۹	۳۶۵	Mix14	۵۳۳	۰/۴۵	۱۵	۱/۲	۴۳۱	۵۲۲	۵۴۰
Mix7	۴۶۰	۰/۵۰۵	۱۵	۱	۳۴۷	۳۹۰	۴۵۵	Mix15	۵۴۰	۰/۴۴	۱۵	۱/۲	۴۴۴	۵۵۴	۵۷۵
Mix8	۴۷۴	۰/۵۰	۱۵	۱	۴۱۴	۴۶۹	۴۹۰	Mix16	۵۵۰	۰/۴۳	۱۵	۱/۲	۴۲۸	۴۹۴	۵۴۸

۴. نتیجه گیری

۱ - با توجه به نتایج مقاومت فشاری بدست آمده روش بکارگرفته شده برای ساخت بتن سبک مناسب به نظر می رسد.

۲ - بکارگیری ماسه در محدوده اندازه ۴/۷۵ mm-۰ به عنوان مصالح ریز دانه در کنار سایر مصالح سبک لیکا در بتن سبک منجر به رسیدن به بتن سبک با مقاومت بالا می شود.

۳ - درصد جابجیزی ماسه به میزان ۱۰ درصد وزن مصالح سبکدانه مقدار مناسبی برای افزایش مقاومت فشاری بتن سبک است. این نتیجه تایید کننده سایر تحقیقات گذشته در این زمینه است.

۴ - با افزایش میزان سیمان، مقاومت فشاری در بتن سبک کاهش می یابد. حداکثر مقدار سیمان در این تحقیق با در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی و رسیدن به بالاترین مقاومت با کمترین میزان سیمان ممکن، ۵۰۰ Kg/m³ توصیه می شود. هرچند در میزان سیمان بالاتر با توجه به نتایج در بعضی از موارد مقاومت های بیشتری نیز بدست می آید ولی با توجه به مصرف بیشتر سیمان، فقط در مواردی که نیاز به مقاومت های بسیار بالا در حدود ذکر شده در جدول ۲ می باشد استفاده از این میزان سیمان مطلوب می باشد.

۵ - آهنگ افزایش مقاومت در دوره های ۷، ۲۸ و ۹۰ روز تقریباً یکسان است که نشان دهنده رواداری نسبتاً پایین نتایج در دوره های زمانی مختلف است.

۶ - نتایج این تحقیق متناسب با شرایط منطقه و مصالح مورد استفاده می باشد و توصیه می گردد در صورتی که تصمیم برای استفاده از این روش وجود دارد، تحقیقات تکمیلی و منطقه ای با توجه به شرایط محیطی و مصالح مصرفی انجام پذیرد.

۵. مراجع

۱- پووختدار، مهتا. پائولو، مونته نیرو، " ریزساختار، خواص و اجزای بتن (تکنولوژی بتن پیشرفته) "، ترجمه علی اکبر رمضانپور، پرویز قدوسی، اسماعیل گنجیان، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۳.

۲- استیون اچ. کسماتکا، ویلیام سی. پانارس، " طراحی و کنترل مخلوط های بتن "، ویرایش سیزدهم، ترجمه: علیرضا خالو، محمود ایراجیان، انتشارات موسسه انتشارات علمی.

۳- هرمز فامیلی، بهروز حکیمیا، " بتن دانه سبک "، انتشارات جهاددانشگاهی دانشگاه علم و صنعت.

[4]. Aminiyan P, Rahimi V, Nosrati S.A, " Producing High Strength Concrete with Semnan Province Material ", 2nd International Conference on Seismic Retrofitting with the focus on Concrete Technology, Tabriz, Iran, 2009.

[5]. Ameri M, Hassani B, Rahimi V, Nosrati S.A, " Effect of Wooden Chips on the Compressive Strength of Lightweight Concrete ", 2nd International Conference on Seismic Retrofitting with the focus on Concrete Technology, Tabriz, Iran, 2009.

[6]. V. Rahimi, M. H. Talebpour, P. Aminian., " THE EFFECT OF AGGREGATES SIZE ON COMPRESSIVE STRENGTH OF HIGH STRENGTH CONCRETE ", 3st International Conference on Seismic Retrofitting with the Focus on Concrete Technology, Tabriz, Iran, (2010).

[7]. ACI Committee 363R-92, " State of the Report on High Strength Concrete ", ACI manual of concrete practice.

۸- احمد، اس. اچ. شاه اس، پی، " بتن های توانمند و کاربردهای آن " ترجمه موسی مظلوم، علی اکبر رمضانپور، انتشارات دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، چاپ اول، (۱۳۸۳).

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد استهبان

همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار

The National Conference On Civil Engineering And Sustainable Development

دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان | زمان: ۱۱ و ۱۲ اسفند ماه ۱۳۸۹

گواهینامه

Certificate

جناب آقای بهروز حسینی

سلام علیکم

بدین وسیله از شرکت فعال جنابعالی و ارائه مقاله به عنوان

تاثیر دانه بندی سبکدانه های لیکاب مقاومت فشاری بتن سبک با مقاومت بالا

به صورت ارائه پوستر در همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار که روزهای ۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۸۹ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان برگزار گردید.

پاسگزار می نموده، مزید توفیقات شاد در پژوهش، تولید علم و خدمت به نظام مقدس جمهوری اسلامی از خداوند متعال مسئلت می کنیم.

سید محمد مرشدی

رئیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان و رئیس همایش

دکتر توح سبزواری

رئیس هیأت داوران و دبیر علمی همایش

دکتر محمد مهدی تقی زاده

دبیر اجرایی همایش

